

УДК 514.18

В.В. ВАНІН, Г.А. ВІРЧЕНКО, О.М. ГУМЕН,
В.П. ЮРЧУК, П.М. ЯБЛОНСЬКИЙ
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ
НАУКОВОЇ ШКОЛИ ПРИКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"**

Виконано аналіз сучасного стану, основних напрямків досліджень, отриманих здобутків та перспектив подальшого розвитку наукової школи прикладної геометрії Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Як головну актуальну мету визначено потребу формування інтегрованої комплексної методології геометричного моделювання різноманітних технічних об'єктів, процесів їх виготовлення та експлуатації. Окреслено ряд конкретних задач щодо практичної реалізації поставлених завдань.

Ключові слова: геометричне моделювання, інтегрована комплексна методологія, структурно-параметричне формоутворення, складні багатопараметричні динамічні системи, технічні об'єкти.

В.В. ВАНИН, Г.А. ВИРЧЕНКО, Е.Н. ГУМЕН,
В.П. ЮРЧУК, П.Н. ЯБЛОНСКИЙ
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО
РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОМЕТРИИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА УКРАИНЫ
"КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ИГОРЯ СИКОРСКОГО"**

Выполнен анализ современного состояния, основных направлений исследований, полученных достижений и перспектив дальнейшего развития научной школы прикладной геометрии Национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского". В качестве главной актуальной цели определена потребность формирования интегрированной комплексной методологии геометрического моделирования различных технических объектов, процессов их изготовления и эксплуатации. Очерчен ряд конкретных задач по практической реализации поставленных задач.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, интегрированная комплексная методология, структурно-параметрическое формообразование, сложные многопараметрические динамические системы, технические объекты.

V.V. VANIN, G.A. VIRCHENKO, O.M. GUMEN,
V.P. YURCHUK, P.M. YABLONSKYI
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**CURRENT STATE AND PERSPECTIVES FOR FURTHER DEVELOPMENT
OF SCIENTIFIC SCHOOL OF APPLIED GEOMETRY OF
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE
"IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE"**

The analysis of the current state, the main directions of researches, the obtained achievements and prospects for further development of the applied geometry school of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" is carried out. The necessity of forming a integrated complex methodology of geometric modeling of various technical objects, processes of their manufacture and exploitation as the main actual purpose is determined. A number of concrete problems concerning the practical realization of the set tasks are outlined.

The development of modern technique is characterized by the widespread use of computer-aided design systems. These systems increase the quality of technical objects; reduce the cost of their manufacturing and operation. Geometric models of technical objects are the basis of computer-aided design. Therefore, the problem of further increasing the efficiency of CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/ Computer Aided Engineering/ Computer Aided Manufacturing) by improving the processes of computer geometric modeling is quite relevant.

Achievements of the scientific school of applied geometry of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute are known in the field of multidimensional geometry for the reproduction of complex objects and processes, structural and parametric geometric modeling of machine building products, research on the processing of machines and processes of agricultural production, etc. The scientific research on the generalization and integration of these approaches is now quite promising. This will make it possible to obtain more universal geometric models of various technical objects and processes on the basis of certain theoretical concepts, proposed methods and techniques. As a result, improve the mathematical, software, informational and methodological support of modern CAD/CAM/CAE for successful reproduction of various complex multi-parameter dynamic systems.

Keywords: geometrical modeling, integrated complex methodology, structural-parametric shaping, complex multi-parametric dynamic systems, technical objects.

Постановка проблеми

Розроблення сучасної техніки характеризується широким використанням систем автоматизованого проектування (САПР), які дозволяють не тільки підвищувати якість створюваної продукції, але і зменшувати при цьому витрати та терміни на її опрацювання. У багатьох випадках основу автоматизованого проектування становлять геометричні моделі розроблюваних зразків техніки. Тому проблема подальшого підвищення ефективності САПР за рахунок удосконалення процесів комп'ютерного геометричного моделювання є доволі актуальною.

До здобутків наукової школи прикладної геометрії КПІ ім. Ігоря Сікорського відносяться напрямки робіт у галузі *багатовимірної геометрії* для відтворення складних об'єктів і процесів, *структурно-параметричного геометричного моделювання* продукції машинобудування, дослідження щодо *опрацювання машин та процесів сільськогосподарського виробництва* та ін. Нині перспективними можна

вважати наукові розвідки стосовно узагальнення та інтеграції зазначених підходів. Це дозволить на базі певних теоретичних положень, запропонованих методів, способів, прийомів та методик отримати більш універсальні геометричні моделі різноманітних технічних об'єктів і процесів. Як наслідок, покращити математичне, програмне, інформаційне та методичне забезпечення сучасних САПР для успішного відтворення різноманітних складних багатопараметричних динамічних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання використання засобів багатовимірної геометрії для моделювання технічних об'єктів викладено, зокрема, в публікаціях [1–2], структурно-параметричного формоутворення – у статтях [3–5], геометричного моделювання машин та процесів сільськогосподарського виробництва – у працях [6–8]. Прикладом деякої спроби інтеграції та узагальнення розглянутих наукових напрямків досліджень може слугувати робота [9], яку присвячено поєднанню певних задач структурно-параметричного формоутворення та багатовимірної геометрії для забезпечення раціонального автоматизованого проектування технічних об'єктів. Однак наведені при цьому наукові результати мають окремий фрагментарний характер і потребують свого подальшого опрацювання.

Мета дослідження

Головним завданням даної публікації є формування переліку задач, які потрібно розв'язати в теоретичному та практичному плані для узагальнення напрацьованих підходів наукової школи прикладної геометрії КПІ ім. Ігоря Сікорського. Це дозволить створити відповідну інтегровану комплексну методологію геометричного моделювання, яка забезпечить підвищення ефективності розроблення різноманітних технічних об'єктів у вигляді складних багатопараметричних динамічних систем у середовищі САПР.

Викладення основного матеріалу дослідження

Важливим етапом у моделюванні багатопараметричних технічних систем є залучення засобів проективної геометрії як узагальнення багатовимірного евклідового простору і використання геометричних моделей із практичною реалізацією засобами наукової комп'ютерної графіки. Подання моделей із врахуванням взаємозв'язку значного числа змінних параметрів складних динамічних систем потребує вдосконалення графічного інструментарію багатовимірної прикладної геометрії щодо дослідження поведінки багатопараметричних об'єктів і процесів.

Для ілюстрації основних запропонованих перспективних напрямків наукових досліджень використаємо такий складний технічний об'єкт як літак (рис. 1), деякі аспекти інтегрованого автоматизованого проектування якого розглянуто у статті [4].

При цьому широко застосовується структурно-параметричний підхід, який полягає в поділі опрацьовуваного об'єкта на частини, наприклад,

$$L = (K, \Phi, O, \Pi, D) = (L_i)_1^5, \quad (1)$$

де $K=(ЦК, ПК, ЛК)$: ЦК – центроплан крила, ПК та ЛК – права та ліва консолю; $\Phi=(НФ, МФ, ХФ)$: НФ, МФ, ХФ – носова, міделева та хвостова частини фюзеляжу; $O=(ГО, ВО)$: ГО та ВО – горизонтальне та вертикальне оперення; $\Pi=(ОШ)$: ОШ – обтічник шасі; $D=(ПГ, ЛГ)$: ПГ та ЛГ – права та ліва гондоли двигунів.

Далі кожний наведений компонент описується певними параметрами. На рис. 2, зокрема, показано параметричне варіантне формоутворення поверхні крила K , де b_0 та b_k – коренева та кінцева хорда крила, χ та L – його кут стрілоподібності та розмах.

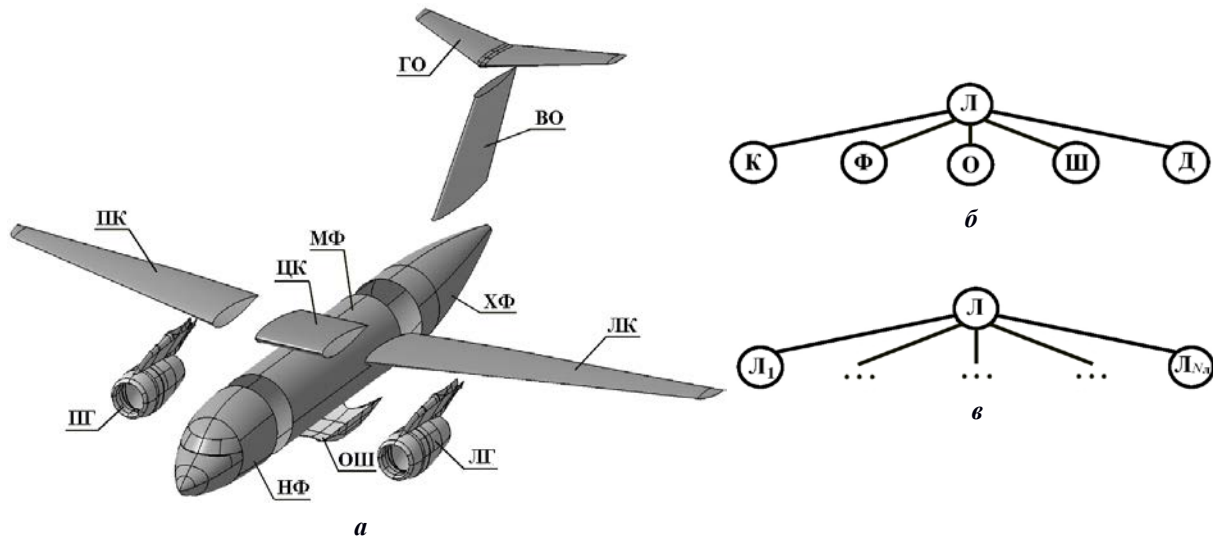


Рис. 1. Теоретична поверхня літака Л:
а – загальний вид; б – структурна схема; в – граф варіантів:
К – крило; Ф – фюзеляж; О – оперення; Ш – шасі; Д – двигуни

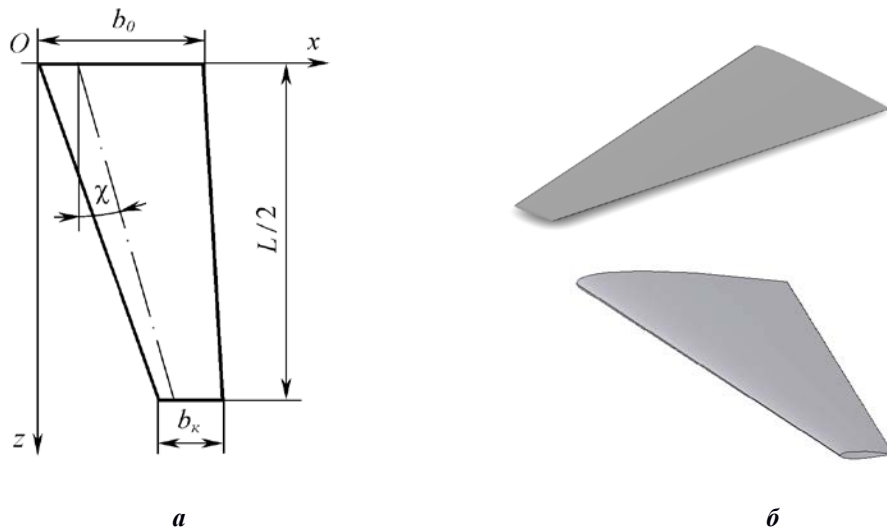


Рис. 2. Варіантне формоутворення поверхні крила К:
а – геометричні параметри крила у плані; б – приклади побудованих поверхонь

У публікації [5] подано деякі питання динамічного комп'ютерного формоутворення таких вузлів конструкції крила як лонжерони. Їх складання здійснюється за допомогою технологічних операцій свердління та клепа́ння, наведених на рис. 3.

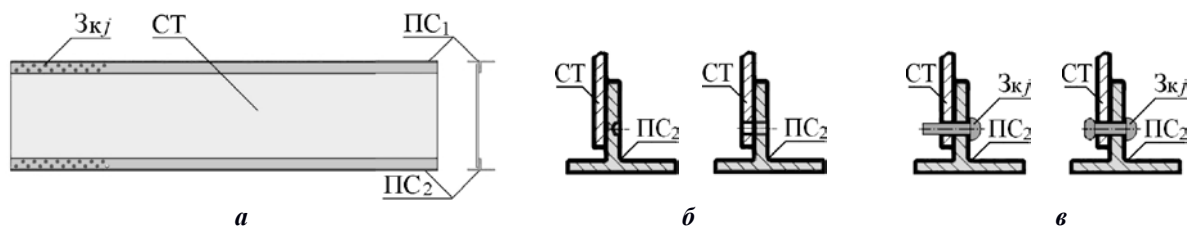


Рис. 3. Клепа́ння поясів ПС₁ і ПС₂ до стінки СТ лонжерона крила:
а – загальний вид; б – початок і завершення свердління отвору;
в – початок і завершення клепа́ння заклепки ЗК_j

За окресленим підходом можуть бути опрацьовані й інші технічні об'єкти, наприклад, у галузі виробництва поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин і процесів, нафтогазової та хімічної промисловості, металургії, будівництва тощо.

В аспекті розроблення інтегрованої комплексної методології геометричного моделювання технічних об'єктів, процесів їх виготовлення та експлуатації з метою успішної її реалізації в середовищі сучасних САПР важливими є наступні задачі:

- узагальнення використовуваних методів, способів, прийомів та алгоритмів формоутворення для моделювання різноманітних за своєю природою технічних об'єктів (зокрема, літаків, автомобілів, верстатів, сільськогосподарських машин, приладів і т. д.);

- розроблення теоретичних основ інтегрованої комплексної методології геометричного моделювання, що включає певні принципи, положення, математичний апарат, методики, практичні рекомендації тощо;

- створення для САПР належного інформаційного та програмного забезпечення, які характеризуються можливістю легкого доповнення різними аналітичними описами модельованих об'єктів і процесів;

- проведення експериментів для перевірки напрацьованої методології;

- впровадження одержаних наукових результатів у практику.

При цьому під терміном «комплексна методологія» мається на увазі максимальне врахування вимог багатьох характеристик (конструкції, міцності, технології виготовлення, експлуатації, економіки, екології і т. д.) на певному етапі життєвого циклу технічного об'єкта, тобто його проектування, виробництва, експлуатації, а під «інтегрована» – забезпечення ефективного поєднання зазначених етапів із метою оптимізації всіх параметрів виробничого циклу даного об'єкта та всіх їх можливих типів використання.

У конструюванні поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин та знарядь у роботах, які проводились на кафедрі, раціональним є вихід на гвинтову лінію змінного кроку [6–8], яка була основою моделювання гвинтових робочих органів.

Якщо в просторі (X, Y, Z) взяти точку (X_0, Y_0, Z_0) (рис. 4), то її траєкторія при моделюванні траєкторії точки на поверхні гвинтового копача визначиться рівняннями у полярних координатах (ρ, φ, z) наступним чином:

$$\rho = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} = r_0;$$

$$\varphi = v + v_0;$$

$$z = Z_0 + f(v);$$

де:

$$X_0 = r_0 \cos v_0, \quad Y_0 = r_0 \sin v_0.$$

Розглянемо траєкторію точки, яка лежить на осі Ox і на відстані $X_0 = a$ від вертикальної осі Oz . Для цієї гвинтової лінії змінного кроку, що відповідає $f(v)$, будемо мати пройдену довжину наступними рівняннями:

$$x = a \cos v;$$

$$y = a \sin v;$$

$$z = f(v);$$

або у відповідних полярних координатах:

$$\rho = a; \quad \varphi = v; \quad z = f(v). \quad (2)$$

Циліндричну поверхню із радіусом a , на якій лежить гвинтова лінія (2), назвемо основною і будемо позначати через D .

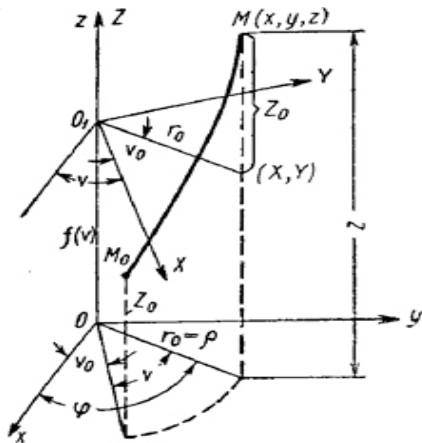


Рис. 4. Побудова гвинтової лінії змінного кроку

Для побудови даної лінії у просторі спочатку на площині xOz необхідно накреслити графік $z = f(v)$, в якому $x = av$, розмітити смуги прямими, паралельними Oz , шириною $2a\pi$ і утворити з першої смуги основний циліндр D . При цьому інші смуги повертати на D ззовні або всередині, і тоді графік $f(v)$ дасть на такому циліндрі гвинтову лінію.

Із літературних джерел відомі окремі характерні випадки такої лінії:

- 1) при $f(v) = pv$ – звичайна гвинтова лінія;
- 2) при $f(v) = h \sin v$ – випадок Маннгейма й Дарбу;
- 3) при $f(v) = h \sin nv$, ($n \neq 1$) – випадок Каутного.

Звідси бачимо, що використання гвинтової лінії змінного кроку, яка є основою моделювання поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин та знарядь, дозволяє конструкторам значно розширити використання систем автоматизованого проектування (САПР) та вирішувати різні за призначенням завдання. Це дозволяє окреслити перспективу виконання подальших завдань та проектів науковців кафедри.

Висновки

Сучасний стан, отримані вагомі результати з основних напрямків багаторічних досліджень наукової школи прикладної геометрії Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" свідчать про перспективність її подальшого розвитку.

Структурно-параметричне геометричне моделювання у поєднанні з засобами багатовимірної прикладної геометрії може бути застосоване як математичний апарат для комп'ютерного формоутворення складних багатопараметричних динамічних систем. Формування інтегрованої комплексної методології геометричного моделювання дозволить на базі певних теоретичних положень, запропонованих методів, способів, прийомів та методик отримати більш універсальні геометричні моделі різноманітних технічних об'єктів і процесів.

Список використаної літератури

1. Ванін В. В., Гумен О. М. Деякі аспекти застосування засобів геометричного моделювання у проективному просторі. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2011. Вип. 87. С. 90-93.
2. Гумен О. М., Ляковська С. Є., Мартин Є. В. Багатовимірна геометрія у прикладних задачах. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2016. Вип. 3 (58). С. 497-500.
3. Ванін В. В., Вірченко Г. А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. 2009. Вип. 23. С. 42-48.

4. Ванін В. В., Вірченко Г. А. Структурно-параметричні геометричні моделі як засіб інтеграції автоматизованого проектування сучасного літака. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2014. Вип. 3 (50). С. 571-574.
5. Vanin, V., Virchenko, G., Virchenko, S., Nezenko. A. Computer variant dynamic forming of technical objects on the example of the aircraft wing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. № 6/7 (90). Р. 67-73. doi: 10.15587 / 1729-4061.2017.117664.
6. Юрчук В. П. Спряжені поверхні в геометричних моделях формотворення робочих органів коренезбиральних машин: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Київ, 2002. 37 с.
7. Завгородний А. Ф., Кравчук В. И., Юрчук В. П. Геометрическое конструирование рабочих органов корнеуборочных машин / Под ред. докт. техн. наук, акад. УААН Л. В. Погорелого. Київ: Аграрна наука, 2004. 240 с.
8. Підкоритов А. М., Юрчук В. П. Визначення аналітичних умов спряжень гелікоїдних поверхонь. *Праці ТДАТА. Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 1999. Вип.4, Т.6. С. 30-33.
9. Вірченко Г. А., Гумен О. М., Смаковська Г. М. Інтеграція методів структурно-параметричного формоутворення та багатовимірної геометрії для автоматизованого проектування технічних об'єктів. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2015. Вип. 3 (54). С. 542-546.

References

1. Vanin, V. V., & Gumen, O. M. (2011) Deyaki aspekty zastosuvannya zasobiv heometrychnoho modelyuvannya u proektyvnomu prostori. *Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika*. **87**, 90-93.
2. Humen, O. M., Liaskovska, S. Ye., & Martyn, Ye. V. (2016) Bahatovymirna heometriia u prykladnykh zadachakh. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. **3** (58), 497-500.
3. Vanin, V. V., & Virchenko, G. A. (2009) Vyznachennya ta osnovni polozhennya strukturno-parametrychnoho heometrychnoho modelyuvannya. *Heometrychne ta kompiuterne modeliuвання*. **23**, 42-48.
4. Vanin, V. V., & Virchenko, G. A. (2014) Strukturno-parametrychni heometrychni modeli yak zasib intehratsiyi avtomatyzovanoho proektuvannya suchasnoho litaka. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. **3** (50), 571-574.
5. Vanin, V., Virchenko, G., Virchenko, S., & Nezenko. A. (2017) Computer variant dynamic forming of technical objects on the example of the aircraft wing. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. **6/7** (90), 67-73. doi: 10.15587 / 1729-4061.2017.117664.
6. Yurchuk, V. P. (2002) Spryazheni poverkhni v heometrychnykh modelyakh formotvorenniya robochykh orhaniv korenezbyralnykh mashyn (Extended abstract of Doctor's thesis), Kyiv: KNUBA.
7. Zavhorodnyy, A. F., Kravchuk, V. Y., & Yurchuk, V. P. (2004) Heometrycheskoe konstruyrovanye robochykh orhanov korneuborochnykh mashyn (eds. dokt. tekhn. nauk, akad. UAAN L.V. Pogorelyi). Kyiv: Ahrarna nauka.
8. Podkorytov, A. M. & Yurchuk, V. P. (1999) Vyznachennia analitychnykh umov spriazhen helikoidnykh poverkhon. *Pratsi TDATA. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. **4**, 6, 30-33.
9. Virchenko, G. A., Gumen, O. M., & Smakovska, G. M. (2015) Intehratsiia metodiv strukturno-parametrychnoho formoutvorennia ta bahatovymirnoi heometrii dlia avtomatyzovanoho proektuvannya tekhnichnykh obiektiv. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. **3**(54), 542-546.